

ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ И ДИФФУЗИЯ ПРИМЕСЕЙ ВНЕДРЕНИЯ В ВЫСОКОПРОЧНЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЯХ

Леонтьев И.М.

Руководитель – доц., д.т.н., Чуканов А.Н.

ФГБОУ ВПО Тульский государственный университет, Тула, Россия,

johnveendegoe@rambler.ru

Развивается предложенная ранее методология комплексного изучения деградации, перехода в предельное состояние и деструкции углеродистых сталей на основе анализа комплекса неупругих эффектов, фиксируемых методами механической спектроскопии.

Введение. Механическая спектроскопия – это метод исследования состояния материала, заключающийся в анализе спектров рассеяния энергии (внутреннего трения): частотных, температурных и амплитудных; в материалах при их циклическом нагружении. Внутреннее трение (ВТ) – необратимое рассеяние энергии упругих колебаний в материале, вызываемое его неупругим поведением. Неупругая деформация материала обусловленное широким спектром процессов, изучая которые можно получить уникальную информацию о структуре и состоянии материала. При наличии нескольких релаксационных процессов, каждый из них характеризуется своим временем релаксации. Совокупность всех времён релаксации отдельных процессов образует спектр ВТ данного материала, характеризующий его состояние в данных условиях [1,2]. Спектр ВТ разделяют на неупругие эффекты (НЭ) – пики, исследуя которые, получают информацию о связи их параметров с **различными** физическими процессами, вызывающими рассеяние [3]. Температурный спектр ВТ (ТЗВТ) – это комплекс НЭ, каждый из которых отражает изменение динамических характеристик дефектов, фазового состава, перераспределение растворенных и собственных атомов, формирование локальных зон концентрации напряжений (ЛЗКН) и несплошностей. В сталях с ОЦК-решеткой он включает следующие НЭ (релаксационные процессы) - водородные максимумы (Каннели - Вердини, Снука—Кёстера), деструкционный максимум, азотно-углеродные максимумы Снука и Снука-Кэ-Кестера [1]. Преимущество метода ВТ в фиксации как интегральных (в объеме образца), так и локальных (в ЛЗКН) параметров субструктуры [1-3].

Данный подход успешно зарекомендовал себя в различных направлениях изучения состояния железо-углеродистых сплавов с ОЦК-решеткой. Основные из них: 1. Оценка перехода металла в локальное предельное состояние [4,5]. 2. Изучение стадийности деградации и разрушения сталей [5-7]. 3. Исследование роли водорода в деградации и деструкции сплавов системы Fe-C [8,9]. 4. Изучение влияния поверхностной

активности углерода на суб – и микроструктуру сплавов Fe-C. 5. Структурное моделирование поврежденности сплавов Fe-C. 6. Метод, успешно сочетающийся с измерениями акустической эмиссии (АЭ).

Цель работы – иллюстрация новых возможностей механической спектроскопии в изучении локализованного и общего обезуглероживания сталей в ходе силового и водородного воздействия.

Стресс-коррозионное поражение высокопрочных сталей при электролитическом контакте с водородсодержащими средами в диапазоне климатических температур контролируют водородное охрупчивание и старение сталей [10]. Их последствием является локализованное и общее обезуглероживание [11]. При низкотемпературном водородном охрупчивании обезуглероживание связывают с деструкцией, диспергированием структурных элементов [11]. Механизмы диффузионных процессов, деструктивного обезуглероживания, как место и роль старения при трещинообразовании и деградации свойств сталей, не определены.

В работе изучали механизмы диффузионного перераспределения примесей внедрения (C, N), в ходе электролитического насыщения водородом под нагрузкой. Объекты - стали марок 18ГС, 35ГС, 23Х2Г2Т, Ст520. Исходная структура упрочненных (ВТМО) сталей – бейнит или феррит-перлит. Деструктивное воздействие осуществляли статическим деформированием и электролитическим насыщением под нагрузкой.

Исследовали связь деструкции и деградации свойств сталей с обезуглероживанием в ходе испытаний на длительную прочность в среде раствора 5% H_2SO_4 с добавками 2,5 % NH_4CNS , $j = 3$ и 60 А/м². На основе субструктурных изменений (измерения внутреннего трения) уточняли изменение механизмов диффузионных процессов под влиянием ансамбля концентраторов напряжений, создаваемых в ходе внешнего воздействия. Обезуглероживание связывали с диффузией углерода к ювенильным несплошностям и образованием в них углеводородов.

Выявили наличие активного перераспределения атомов внедрения (прежде всего углерода) в феррите. Его фиксировали изменением концентрации углерода (высоты и площади максимума Снука) с увеличением интенсивности деструктивного воздействия. Установили увеличение диффузионной подвижности атомов внедрения в области концентраторов напряжения (микротрещин, пор), созданных деструктивным воздействием. Высказали гипотезу об увеличении диффузионной проницаемости атомами внедрения обезуглероженных участков феррита. Учитывая локализацию и морфологию трещин, фиксировавшихся в экспериментах, локальное обезуглероживание может быть так же связано с развитием старения. Влияние водорода ускоряет диффузию атомов внедрения, делая возможным образование комплексных сегрегаций на дислокациях и границах зерен [11,12].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Физическая акустика [Под ред. Мэзона У. Часть А. Влияние дефектов на свойства твёрдых тел]. М.: «Мир», 1969. – 578с.
2. Новик А., Берри Б. Релаксационные явления в кристаллах. – М.: Атомиздат, 1975. – 472.
3. Метод внутреннего трения в металловедческих исследованиях [Под ред. Блантера М.С., Пигузова Ю.В.]. М: Металлургия, 1991. – 248с.
4. Левин Д.М., Чуканов А.Н., Муравлева Л.В. Внутреннее трение как мера локальной поврежденности металлических материалов// Изв. РАН. Серия Физическая. – 2000, – Т.64, - № 9, – С. 1714-1717.
5. Левин Д.М., Чуканов А.Н. Влияние локализованных напряжений, создаваемых структурными дефектами, на динамику дислокационных скоплений//Изв. РАН. Серия физическая. – 2005. – Т. 69. - № 8. – С. 1201.
6. Чуканов А.Н., Яковенко А.А. Развитие деградации и начальные стадии разрушения малоуглеродистой стали//Вестн. Тамбов. ун-та. Сер.: Естественные и технические науки. – 2010. Т 15 - Вып. 3. – С. 985-986.
7. Чуканов А.Н., Левин Д.М., Яковенко А.А. Использование и перспективы метода внутреннего трения в оценке деградации и деструкции железо - углеродистых сплавов //Известия РАН. Серия Физическая. – 2011. – Т.75 - № 10, – С.1423-1427
8. Чуканов А.Н., Яковенко А.А., Пуханова И.В. //Deformation & Fracture of Materials -DFM2006/Book of articles — Moscow: Interkontakt Nauka, – 2006. – Р. 82.
9. Чуканов А.Н., Яковенко А.А. Роль водорода в деградации и деструкции малоуглеродистых сталей //Изв. ТулГУ. Естественные науки. – 2012. - № 1. – С. 211-219.
10. Леонтьев И.М., Чуканов А.Н., Сергеев Н.Н., Яковенко А.А. Обезуглероживание, водородная хрупкость и старение высокопрочных сталей в условиях электролитического наводороживания // Матер. межд. конф. «XXI Петербургские Чтения по проблемам прочности». (15–17.04. 2014 г., Санкт-Петербург, Россия, С. 194-197.
11. Чуканов А.Н., Сергеев Н.Н., Леонтьев И.М. Локальное обезуглероживание и прочность конструкционных сталей при деструктивных воздействиях // «Фундаментальные и прикладные аспекты новых высокоэффективных материалов». Всеросс. науч. интернет-конф. с межд. участием: Матер. конф. (Казань, 29.10.13 г.). С 176-177.
12. Леонтьев И.М. Диффузия примесей внедрения в условиях электролитического насыщения упрочненных конструкционных сталей / «Фазовые превращения и прочность кристаллов»: Сб. тезисов VIII Междунар. конф. (27-31 октября 2014,Черноголовка). С. 94.